

**SIMULASI MODIFIKASI *LUBE OIL PRESSURE SWITCH* UNTUK
MENINGKATKAN *RELIABILITY* PADA *LUBE OIL SYSTEM* TURBIN
GAS MENGGUNAKAN PLC OMRON CX-ONE**

(Skripsi)

Oleh

**Raisya Adiani Sidjabat
1955031001**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

SIMULASI MODIFIKASI *LUBE OIL PRESSURE SWITCH* UNTUK MENINGKATKAN *RELIABILITY* PADA *LUBE OIL SYSTEM* TURBIN GAS MENGGUNAKAN PLC OMRON CX-ONE

Oleh:

RAISYA ADIANI SIDJABAT

PT. PLN Indonesia Power merupakan salah satu unit Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap yang kinerja dan *reliability* sangat penting untuk menjamin kelangsungan pasokan listrik. Salah satu sistem pada PLTGU ialah *Lube oil system* pada Turbin Gas. *Lube Oil System* sering mengalami gangguan penurunan tekanan pada *lube oil pressure switch* sehingga mengakibatkan Turbin Gas mengalami kondisi *trip*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyebab penurunan tekanan dengan menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* dan membuat alternatif pencegahan kondisi *trip* dengan melakukan modifikasi penambahan komponen cadangan *lube oil pressure switch* menggunakan sistem redundansi. Modifikasi ini disimulasikan dengan menggunakan *software programmable logic controller*. Pada penelitian ini menggunakan parameter tekanan dan komponen *lube oil pressure switch* dengan data hasil perbandingannya menunjukkan bahwa sistem redundansi lebih baik daripada sistem simplek dengan peningkatan *reliability* sebesar 25,03 %.

Kata Kunci: *Reliability, Lube Oil System, Programmable Logic Controller.*

ABSTRACT***SIMULATION OF LUBE OIL PRESSURE SWITCH MODIFICATION TO INCREASE RELIABILITY IN THE LUBE OIL GAS TURBINE SYSTEM USING OMRON CX-ONE PLC*****By:****RAISYA ADIANI SIDJABAT**

PT. PLN Indonesia Power is one of the Gas and Steam Power Plant units whose performance and reliability are very important to ensure the continuity of electricity supply. One of the systems at PLTGU is the Lube oil system on Gas Turbines. The Lube Oil System often experiences pressure drop interference on the lube oil pressure switch, resulting in the Gas Turbine experiencing a trip condition. This study aims to determine the cause of pressure drop by using the Root Cause Failure Analysis method and make an alternative to prevent trip conditions by modifying the addition of spare components of lube oil pressure switches using a redundancy system. This modification is simulated by using programmable logic controller software. In this study using pressure parameters and components of lube oil pressure switches with data the results of the comparison showed that the redundancy system was better than the simple system with an increase in reliability of 25,03%.

Keyword : *Reliability, Lube Oil System, Programmable Logic Controller.*

**SIMULASI MODIFIKASI *LUBE OIL PRESSURE SWITCH* UNTUK
MENINGKATKAN *RELIABILITY* PADA *LUBE OIL SYSTEM* TURBIN
GAS MENGGUNAKAN PLC OMRON CX-ONE**

Oleh

RAISYA ADIANI SIDJABAT

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar
SARJANA TEKNIK

pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG**

2023

Judul Skripsi : **SIMULASI MODIFIKASI LUBE OIL
PRESSURE SWITCH UNTUK
MENINGKATKAN RELIABILITY PADA
LUBE OIL SYSTEM TURBIN GAS
MENGUNAKAN PLC OMRON CX-ONE**

Nama Mahasiswa : **Raisya Adiani Sidjabat**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1955031001

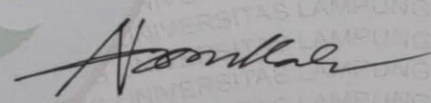
Jurusan : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

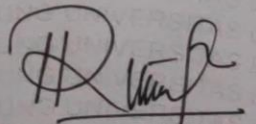

Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.
NIP 19691219 199903 1 002

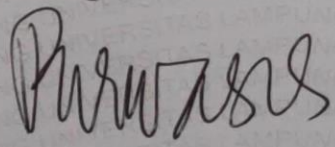

Ir. Emir Nasrullah, M.Eng.
NIP 19600614 199402 1 001

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ketua Program Studi Teknik Elektro

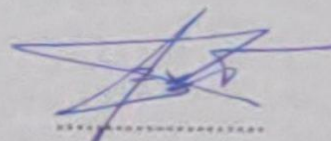

Herlinawati, S.T., M.T.
NIP 19710314 199903 2 001


Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T.
NIP 19740422 200012 2 001

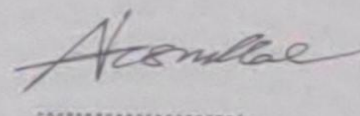
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

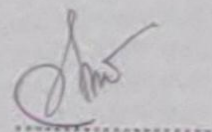
Ketua : **Dr. Eng. F.X. Arinto S., S.T., M.T.**



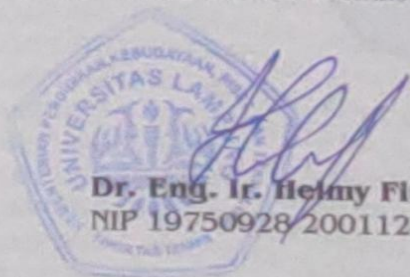
Sekretaris : **Ir. Emir Nasrullah, M.Eng.**



Penguji : **Afri Yudamson, S.T., M.Eng.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **10 Februari 2023**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Februari 2023



Raisya Adiani Sidjabat
1955031001

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Muara Enim pada tanggal 03 Januari 2001, sebagai anak keempat dari empat bersaudara, dari pasangan Tumpal Sijabat dan Hartati Dewi. Pendidikan normal penulis dimulai di Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) Elektrina Kota Palembang tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD N 1 Karang Maritim Kota Bandarlampung pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP N 16 Bandarlampung pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Akhir (SMA) di SMA N 17 Bandarlampung pada tahun 2019.

Mulai tahun 2019, Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMMPTN-BARAT). Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah menjadi asisten Laboratorium Elektronika Universitas Lampung. Selain menjadi asisten, Penulis aktif di Organisasi sebagai anggota Departemen Pendidikan dan Pengembangan Diri pada tahun 2020-2021, dan sebagai anggota Departemen Pengembangan Keteknikan Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung (HIMATRO) pada tahun 2021-2022, dan PIC Newscasting Branch Education Department pada tahun 2021-2022. Pada semester 5 Penulis memilih konsentrasi Elektronika dan Kendali (ELKAKEND) sebagai fokus dalam perkuliahan dan penelitian. Kemudian Penulis juga pernah menjadi Asisten mata kuliah Praktikum Dasar Elektronika. Pada 20 Juni – 20 Juli penulis melaksanakan kerja praktik di PT PLN (Persero) UPK Tarahan. Pada saat kerja praktik penulis membuat laporan tentang Perhitungan *Rasio* Udara Pembakaran Pada *Burner* Di PT PLN (Persero) UPK Tarahan. Dan pada 18 Agustus – 23 Desember penulis melaksanakan magang di PT PLN Indonesia Power Priok POMU dengan fokus penelitian gangguan *trip* pada *lube oil system*.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji serta syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya serta shalawatku kepada Nabi Muhammad SAW yang senantiasa menjadi penuntun hidupku

Kupersembahkan karya kecilku ini kepada kedua orangtuaku Tumpal Sijabat dan Hartati Dewi sebagai wujud terimakasihku, baktiku, cintaku, dan kasih sayangku kepada Ayah dan Ibu atas segala yang telah diberikan selama ini, serta Kakakku

JelliaNaungan, Jorgi Maridho dan

kembaranku Raihan Aditya



MOTTO

"If you don't go after what you want, you'll never have it. And if you don't ask, the answer is always no. Also if you don't step forward, you're always in the same place."

-Nora Roberts

"Don't stop when you're tired. Stop when you're done."

-David Goggins

"Believe in yourself and all that you are. Know that there is something inside you that is greater than any obstacle"

-Christian D. Larson

"There is only one thing that makes a dream impossible to achieve: the fear of failure"

-The Alchemist

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Simulasi Modifikasi *Lube Oil Pressure Switch* Untuk Meningkatkan *Reliability* Pada *Lube Oil System* Turbin Gas Menggunakan PLC Omron Cx-One”. Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Ibu Herlinawati, S.T, M.T. selaku Kepala Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
3. Ibu Dr. Eng. Nining Purwasih, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Dr. Eng. F.X. Arinto Setyawan, S.T., M.T. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan arahan dan bimbingan serta motivasi yang sangat bermanfaat kepada penulis disetiap kesempatannya.
5. Bapak Ir. Emir Nasrullah, M. Eng., selaku Pembimbing Pendamping atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Afri Yudamson, S.T., M.Eng., selaku Penguji Utama yang telah memberikan koreksi, kritik, dan saran untuk kemajuan dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung atas pengajaran dan bimbingannya yang diberikan selama ini kepada Penulis.

8. Kedua orang tua Penulis, Ayah dan Ibu yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, dan tak henti-hentinya mendoakan serta mengingatkan penulis.
9. Kakak dan kembaran penulis, Ka Jellia, Jorgi, dan Raihan yang selalu menjadi tempat bercanda, bercerita dan bertukar pikiran.
10. Keluarga Laboratorium Elektronika yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu atas segala bantuan dan kenangan yang telah dilalui bersama.
11. Keluarga Eternity 19 yang sudah seperti saudara sendiri bagi penulis atas segala kebersamaannya.
12. Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) atas segala pengalaman dan pembelajarannya yang sangat berharga.
13. Semua pihak yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah hingga terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan terbatasnya ilmu dan pengalaman yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan yang membangun agar skripsi dapat menjadi lebih baik lagi. Di balik kekurangan tersebut, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca sebagai referensi dalam bidang Teknik Elektro

Bandar Lampung, 15 Februari 2023
Penulis,



Raisya Adiani Sidjabat
1955031001

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK	i
LEMBAR	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
MOTTO	ix
SANWACANA	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GRAFIK	xvii
BAB 1	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Hipotesis Penelitian	4
1.7 Sistematika Penulisan	4
BAB 2	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu	6
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Lube Oil Pressure Switch.....	8
2.2.2 Safety Instrumented System (SIS)	9
2.2.3 Safety System Redundancy.....	10
2.2.4 Reliability	11
2.3 Lube oil system	12
2.4 Distributed Control System (DCS).....	15
2.5 Programmable Logic Controller (PLC).....	18
2.6 Instruksi – instruksi PLC	19
2.7 PLC OMRON	21

2.7.1	Software CX-ONE	22
2.7.2	Software CX-Programmer	22
2.7.3	Software CX-Designer	24
2.8	Ladder Diagram	24
2.9	Logika Dasar Pemrograman	26
BAB 3	29
METODE PENELITIAN	29
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2	Alat dan Bahan	29
3.3	Flowchart Penelitian	29
3.4	Flowchart Simulasi.....	31
3.4.1	Flowchart Pembuatan Program	31
3.4.2	Flowchart Pembuatan Desain.....	33
3.5	Metode Pengumpulan Data	34
3.6	Metode Analisis Data	36
3.7	Pembuatan Simulasi Modifikasi Lube Oil Pressure Switch.....	36
3.7.1	Perencanaan Modifikasi Lube Oil Pressure Switch.....	36
3.7.2	Tahapan Modifikasi	37
3.8	Jadwal Penelitian	40
BAB 4	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1	Hasil.....	41
4.1.1	Kronologi Gangguan Trip Turbin Gas	41
4.1.2	Trending Penurunan Tekanan Pada Lube Oil Pressure Switch	45
4.1.3	Hasil CX- Programmer	46
4.1.4	Hasil CX- Designer	48
4.1.5	Data Parameter Percobaan	49
4.1.6	Hasil Data Perbandingan.....	51
4.1.7	Data Hasil Simulasi.....	52
4.2	Pembahasan	56
4.2.1	Penyebab Penurunan Lube Oil Pressure Switch	56
4.2.2	Sequences Simulasi Program	59
4.2.3	Sequences Simulasi Desain.....	63
4.2.4	Perhitungan Nilai Reliability	64
4.2.5	Kelebihan dan Kekurangan Kedua Sistem.....	65
BAB 5	67
KESIMPULAN DAN SARAN	67
5.1	Kesimpulan	67
5.2	Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Struktur Pressure Switch	7
2. 2 Bentuk Fisik Lube Oil Pressure Swicth	8
2. 3 Normally Close Oil Pressure Switch.....	9
2. 4 Redundant Control System	11
2. 5 Diagram Skematik Main Time Between Failure.....	12
2. 6 Siklus pada Lube Oil System	13
2. 7 Blok Diagram Lube Oil System	13
2. 8 Main Oil Pump pada Lube Oil System	14
2. 9 Auxiliary Oil Pump pada Lube Oil System	14
2. 10 Emergency Oil Pump pada Lube Oil System.....	15
2. 11 Twin Filter pada Lube Oil System	15
2. 12 Contoh Function Group System Structure	16
2. 13 Bagian Procontrol 14 pada Modul	17
2. 14 Programmable Logic Controller (PLC).....	18
2. 15 Instruksi Fungsi Differential Up (DIFU).....	19
2. 16 Instruksi Fungsi Compare (CMP)	20
2. 17 Rangkaian Self Holding Pada Program.....	20
2. 18 Instruksi Fungsi RSET	21
2. 19 CPU PLC Omron Seri CJ1M	22
2. 20 Penerapan Logika AND pada Ladder Diagram	25
2. 21 Penerapan Logika OR pada Ladder Diagram	25
2. 22 Penerapan Logika NOT pada Ladder Diagram.....	25
2. 23 Simbol Gerbang NOT	26
2. 24 Simbol Gerbang OR.....	27
2. 25 Simbol Gerbang AND.....	28
3. 26 Flowchart Penelitian.....	30
3. 27 Flowchart Simulasi Pembuatan Program	31
3. 28 Flowchart Simulasi Pembuatan Desain.....	33
3. 29 Studi Literatur di Area Perpustakaan	34
3. 30 Survei Lapangan di Area Lube Oil System.....	35

3. 31 Wawancara bersama Sps Engineering	35
3. 32 Konsep Redundansi Lube Oil Pressure Switch.....	36
3. 33 Blok Input dan Output Program.....	37
3. 34 Logic Drive Procontrol 14 pada Lube Oil Supply	37
3. 35 Tampilan HMI Lube Oil System.....	39
4. 36 Trending Lube Oil Pressure Saat Unit Operasi.....	41
4. 37 Kondisi Penurunan Beban pada Turbin Uap.....	42
4. 38 Trending Lube Oil Pressure Saat Unit RS	43
4. 39 Kalibrasi Pressure Switch dalam Kondisi Normally Closed.....	44
4. 40 Kalibrasi Pressure Switch dalam Kondisi Normally Open	44
4. 41 Hasil Simulasi pada CX-Programmer	47
4. 42 Hasil Simulasi pada CX- Designer	49
4. 43 Fishbone Diagram Penyebab Penurunan Tekanan.....	55
4. 44 Kondisi Tidak Ada Gangguan.....	58
4. 45 Kondisi Ada Gangguan Pada Sistem Simplek	58
4. 46 Kondisi Ada Gangguan Pada Sistem Redundansi	59
4. 47 Kondisi Alarm Signal pada Sistem Redundant.....	60
4. 48 Kondisi Trip Signal Pada Sistem Redundant.....	61
4. 49 a) Auxiliary Oil Pump ON b) Auxiliary Oil Pump OFF	62
4. 50 (a) Emergency Oil Pump dan Alarm ON (b) Alarm ON (c) Trip ON	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 Penelitian Terdahulu	6
2. 2 Tombol Shortcut Pada CX-Programmer	23
2. 3 Functional Objects Pada CX-Designer	24
2. 4 Kebenaran Gerbang Logika NOT	26
2. 5 Kebenaran Gerbang Logika OR	27
2. 6 Kebenaran Gerbang Logika AND	28
3. 7 Alamat Input Program	38
3. 8 Alamat Output Program	39
3. 9 Jadwal Penelitian	40
4.10 Data Percobaan Simulasi Dengan Parameter Tekanan	49
4.1 1 Data Perbandingan Kedua Sistem	51
4.1 2 Data Hasil Simulasi CX-Programmer	52
4.1 3 Data Hasil Simulasi CX-Designer	53
4.1 4 Hasil Analisis Berdasarkan Fishbone Diagram	56
4.1 5 Data Gangguan Pada Lube Oil System	63
4.1 6 Kelebihan dan Kekurangan Pada Kedua Sistem	65

DAFTAR GRAFIK

Grafik	Halaman
4.1 Karakteristik Penurunan Tekanan.....	45

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiringan dengan perkembangan teknologi yang banyak dibutuhkan dalam kehidupan sehari-hari yang bertujuan untuk membantu kehidupan manusia tentunya tidak lepas dari peranan energi listrik. Energi listrik merupakan sumber energi yang menjadi sumber utama bagi kehidupan manusia. Manusia membutuhkan energi listrik untuk keperluan rumah tangga, industri serta manufaktur lainnya. Energi listrik yang dihasilkan dalam jumlah besar dan penggunaan yang terus-menerus tidak dapat diperoleh secara alami. Oleh sebab itu, listrik dihasilkan oleh pembangkit-pembangkit listrik. Adapun jenis pembangkit listrik yang menghasilkan listrik ialah salah satunya PLTGU. PLTGU merupakan singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap. PLTGU ini juga merupakan aset milik PT PLN (Persero) yang dikelola oleh PT Indonesia Power Priok POMU sebagai anak perusahaannya.

Salah satu bagian utama dari PLTGU Priok adalah Turbin Gas. Turbin Gas merupakan mesin penggerak yang memanfaatkan gas sebagai fluida untuk memutar turbin dengan melewati tahap pembakaran di dalam *combustor*. Pada Turbin Gas ini memiliki banyak sistem yang mempengaruhi kinerja turbin, salah satunya adalah *lube oil system*. *Lube oil system* pada Turbin Gas merupakan sistem yang melakukan pelumasan secara kontinu pada setiap komponen sistem Turbin Gas [1]. *Lube oil system* ini berperan penting untuk mengurangi keausan pada bagian yang bergerak, membersihkan, menghambat timbulnya korosi serta mendinginkan mesin dengan menyerap panas dari bagian yang bergerak dari turbin.

Namun pada fakta dilapangan, *lube oil system* sering mengalami gangguan yang mengakibatkan kondisi Turbin Gas mengalami *trip*. Gangguan yang diakibatkan dari *lube oil system* ini disebabkan oleh tekanan pada *lube oil pressure switch* yang tidak sesuai dengan batas normal yang telah ditentukan sehingga apabila hal

tersebut terjadi maka akan mengakibatkan Turbin Gas mengalami kondisi *trip*. Untuk itu sangat diperlukan alternatif yang tepat untuk mencegah terjadinya kondisi *trip* pada Turbin Gas karena Turbin Gas juga merupakan peralatan utama pada pembangkit jenis PLTGU yang apabila Turbin Gas mengalami kondisi *trip* tentunya akan mengakibatkan hilangnya pasokan beban listrik. Adapun alternatif yang diusulkan pada penelitian ini ialah melakukan modifikasi pada sistem kontrol *lube oil pressure switch* yang sebelumnya menggunakan sistem kontrol simplek kemudian menjadi sistem kontrol redundansi dengan cara melakukan penambahan *lube oil pressure switch* dari 1 komponen menjadi 2 komponen *lube oil pressure switch*. Adapun pada jurnal “Perancangan *Safety Instrumented System* (SIS) Pada PIPILINE ONSHORE-OFFSHORE Menggunakan DCS Yokogawa Centum 3000 Di PT. Arun NGL memaparkan bahwa arsitektu system 1oo1 atau biasa disebut system simplex mudah mengalami kondisi *trip* dikarenakan apabila terjadi kegagalan pada komponen maka akan mengakibatkan kegagalan pada SIF (*Safety Instrumented Function*) sedangkan pada arsitektur 1oo2, 2oo2, 3oo2 akan memberikan tingkat keselamatan system yang lebih baik dikarenakan apabila salah satu komponen mengalami kegagalan fungsi maka keseluruhan pada pada SIF (*Safety Instrumented Function*) tidak mengalami kegagalan [2].

Dari paparan latar belakang tersebut, maka penulis mengambil judul “**SIMULASI MODIFIKASI *LUBE OIL PRESSURE SWITCH* UNTUK MENINGKATKAN *RELIABILITY* PADA *LUBE OIL SYSTEM* TURBIN GAS MENGGUNAKAN PLC OMRON CX-ONE**”.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui penyebab penurunan tekanan pada *lube oil pressure switch* di bawah batas normal 0,9 bar pada kasus penelitian.
2. Membuat simulasi modifikasi dengan melakukan penambahan komponen *lube oil pressure switch* menggunakan *software Programmable Logic Controller* Omron CX-One.

1.3 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab penurunan tekanan pada *lube oil pressure switch* di bawah batas normal 0,9 bar pada kasus penelitian?
2. Bagaimana hasil simulasi pada *software Programmable Logic Controller* Omron CX-One?
3. Apakah sistem redundansi dapat mencegah terjadinya kondisi *trip* pada Turbin Gas?

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini hanya membahas penyebab penurunan tekanan pada *lube oil pressure switch* berdasarkan sumber data yang diperoleh.
2. Data yang digunakan sebagai bahan analisis adalah data dari percobaan simulasi modifikasi dalam software PLC Omron Cx-One.
3. Nilai parameter yang digunakan sebagai bahan analisis adalah nilai setting pada *pressure switch*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Meningkatkan wawasan dan pengetahuan mengenai *lube oil system* Turbin Gas pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas Dan Uap.
2. Hasil simulasi dapat dijadikan sebagai alternatif untuk meningkatkan *reliability* pada *lube oil system* Turbin Gas unit blok 1-2.
3. Dapat mencegah kondisi *trip* pada Turbin Gas dengan mengaktifkan *alarm signal lamp*.
4. Dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya di tahun yang akan datang.

1.6 Hipotesis Penelitian

Pada penelitian ini diharapkan sistem redundansi dapat mencegah terjadinya kondisi *trip* pada Turbin Gas dengan mengaktifkan indikator *alarm signal lamp* sehingga *reliability* pada *lube oil system* mengalami peningkatan dari system sebelumnya.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Dalam bab I ini membahas tentang latar belakang, tujuan penelitian, manfaat penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis awal serta sistematika penulisan skripsi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab II ini membahas mengenai penelitian terdahulu serta landasan teori secara umum yang berhubungan dengan penelitian ini dan penjelasan *lube oil system*.

III. METODE PENULISAN

Dalam bab III ini membahas mengenai waktu dan tempat penelitian, *flowchart* penelitian, metode pengumpulan data penelitian, metode analisis data, *flowchart* simulasi, pembuatan simulasi modifikasi *lube oil pressure switch* dan jadwal penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab IV ini membahas tentang penyebab penurunan tekanan pada *lube oil pressure* di bawah batas normal 0.9 bar dengan metode *root cause failure analysis* dan membahas hasil simulasi modifikasi pada *software Programmable Logic Controller Omron CX-ONE*.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab V ini membahas kesimpulan beserta saran berdasarkan dari hasil dan pembahasan pada bab IV.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian terdahulu, penulis tidak menemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun dalam penelitian terdahulu ini memiliki keterkaitan yang sama yaitu mengenai sistem pelumasan atau *lube oil system*. Adapun jurnal yang didapatkan oleh penulis dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Nama Penulis	Judul Jurnal	Hasil Penelitian
M. Sabri dan Nasri Sarah Siregar.	Perancangan Sistem Pengaturan Pada Sistem Pelumasan Dan Trip Oil Turbin Gas PT.PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Belawan.	Simulasi sistem kontrol <i>speedtronik</i> menggunakan MATLAB/ <i>Simulink</i> untuk mengetahui performa sistem pelumasan selama berkerja dan mengalami <i>trip</i> .
Siti Duratun Nasiqiati Rosady dan Bambang Arip Dwiyantoro.	<i>Re-Design Lube Oil Cooler</i> Pada Turbin Gas Dengan Analisa Termodinamika dan Perpindahan Panas.	Mendesain <i>lube oil cooler</i> dengan mevariasikan laju aliran massa yang berbeda pada sisi dingin dan panas untuk meningkatkan <i>effectiveness</i> dari <i>lube oil cooler</i> .

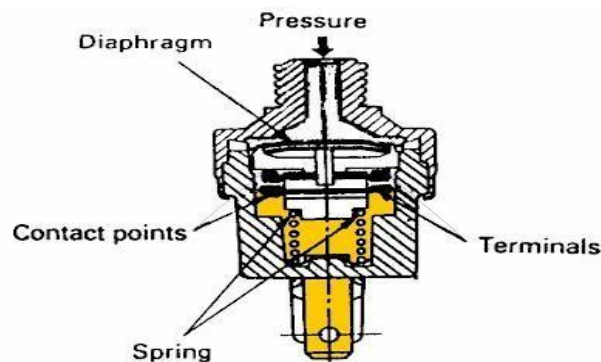
2.2 Landasan Teori

Pressure switch atau biasa disebut juga dengan sakelar tekanan merupakan sakelar yang kerjanya bergantung dari tekanan pada perangkat sakelar. Tekanan tersebut dapat berasal dari air, udara atau fluida lain misalnya oli. Secara umum, sakelar tekanan ini terbagi menjadi dua tipe, yaitu tunggal dan ganda. Sakelar tunggal

merupakan tipe *pressure switch* yang menggunakan sakelar terpisah untuk mendeteksi tekanan sedangkan sakelar ganda menggunakan satu sakelar namun memiliki fungsi ganda untuk mendeteksi tekanan tinggi dan tekanan rendah.

Pressure switch memiliki semacam tabung yang pada ujungnya terdapat lubang masuk cairan atau udara sedangkan ujung satunya terdapat membran atau diafragma. Diafragma dihubungkan dengan tuas titik kontak. Diseberang titik kontak tersebut terdapat titik kontak statis. Pada kondisi tidak ada tekanan maka titik kontak statis dan titik kontak yang terhubung dengan membran posisinya terbuka. Apabila cairan atau gas masuk dengan tekanan tertentu akan mendorong membran dan tuas titik kontak, sehingga titik kontak tersebut menjadi saling terhubung. Beberapa jenis *pressure switch* dilengkapi dengan sekrup untuk mengatur besarnya tekanan yang diinginkan untuk bekerjanya *pressure switch*.

Adapun pada Gambar 2.1 bagian dari struktur pada *pressure switch* yaitu terdapat bagian *pressure* pada bagian atas yang berfungsi untuk membaca besaran tekanan pada *engine*, kemudian pembacaan tekanan tersebut akan dikirimkan melalui bentuk sinyal dan dapat terlihat pada monitor sistem kontrol terdistribusi. Pada bagian diafragma berfungsi sebagai penerima udara bertekanan dan menekan spring untuk mengaktifkan switch dan apabila besaran tekanan menekan kontak point maka *engine* akan berhenti operasi dan terminal pada *pressure switch* dalam keadaan *normally close*.



Gambar 2. 1 Struktur *Pressure Switch*

Sumber: <http://desnantara.blogspot.com/2013/04/pressure-switch.html>

2.2.1 *Lube Oil Pressure Switch*

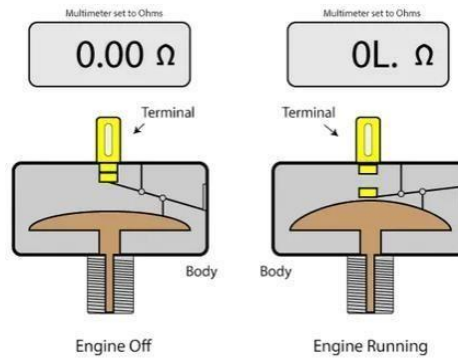
Lube oil pressure switch merupakan sakelar tekanan minyak pelumas yang terdapat pada *lube oil system* dengan fungsinya adalah untuk mengamankan komponen apabila terjadi kondisi penurunan tekanan pada minyak pelumas di bawah batas normal. Adapun bentuk fisik dari *pressure switch* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Bentuk Fisik *Lube Oil Pressure Swicth*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Dalam kondisi keadaan *engine* tidak beroperasi maka *switchnya* dalam keadaan *normally close* namun apabila keadaannya *engine* beroperasi maka *switchnya* dalam keadaan *normally open*. Hal ini dikarenakan apabila *engine* beroperasi dan *switchnya* dalam keadaan *normally close* maka terindikasi tekanan minyak dalam *engine* rendah atau habis. Hal ini akan membahayakan *engine* akan mengalami kerusakan. Jadi *pressure switch* dapat dikatakan sebagai *safety instrumented sistem*. Kemudian pada *lube oil pressure* ini memiliki nilai tekanan yang berbeda untuk setiap jenis mesinya. Adapun karakteristik pada kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Normally Close Oil Pressure Switch

Sumber: <https://www.freeasestudyguides.com/engine-oil-pressure-switch.html>

Kemudian pada *lube oil pressure switch* ini dapat disetting dengan cara mengatur cut-in dan cut-off yang terdapat di bagian *pressure switchnya*. Dalam penelitian ini, nilai setpoint cut-in berada pada nilai 0.9 bar dan nilai setpoint cut-off berada pada 0.6 bar. Settingan dari nilai set point ini merupakan ketentuan dari pabrik ABB (Asea Brown Boveri) dan *pressure switch* ini terdapat pada 2 pompa yaitu *auxiliary oil pump* dan *emergency oil pump*.

2.2.2 Safety Instrumented System (SIS)

Safety Instrumented System (SIS) merupakan sistem yang dirancang untuk memonitor kondisi berbahaya pada suatu unit operasi dengan melakukan aksi apabila terjadi kondisi bahaya [3]. Dalam merancang *safety instrumented system* menggunakan standar ISA-84/IEC-61511 untuk mengembangkan sistem.

Adapun tujuan dari sistem keamanan ini dapat menjamin suatu gangguan yang disebabkan oleh sistem kontrol. *Safety Instrumented System (SIS)* dirancang pada tingkat integritas keselamatan (SIL) yang berbeda berdasarkan risiko oleh bahaya proses. Semakin tinggi SIL, maka akan semakin besar kemungkinan akan ada beberapa komponen yang berlebihan seperti lebih dari satu sensor, pemecah logika atau elemen akhir sehingga sudah dipastikan integritas keselamatannya 90 % terjamin aman. *Safety Instrumented System (SIS)* terdiri dari beberapa bagian

seperti sensor, *logic solver* dan *actuator* yang diintegrasikan sebagai sebuah sistem keamanan industri [4].

Sensor merupakan bagian yang dapat mendeteksi perubahan suatu kondisi sehingga dapat merespon suatu perubahan kondisi. Hasil data yang diperoleh sensor bisa diolah ke proses selanjutnya. Kontrol atau logika merupakan bagian untuk mengontrol suatu sistem khususnya sistem SIS.

Di dalam kontrol terdapat data dari sensor yang diolah dan dijadikan logika. Logika yang digunakan untuk mengambil keputusan yang akan dieksekusi oleh *output*. Kemudian bagian kontrol akhir atau elemen akhir ini merupakan bagian yang melakukan kerja “penyelamatan” ketika ada gangguan di dalam sistem utamanya. Misalnya, pada *lube oil system* ketika tekanan minyak pada sistem rendah maka *pressure switch* akan memutuskan arus sehingga *engine* akan berhenti beroperasi supaya terhindar dari kerusakan.

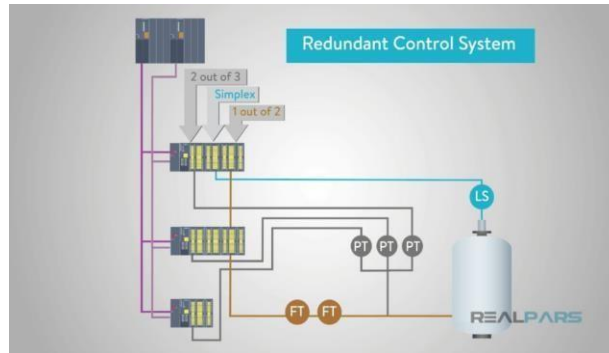
2.2.3 Safety System Redundancy

Safety system redundancy merupakan sistem duplikasi pada *safety instrumented system*. Sistem redundansi ini diperuntukan untuk jenis sistem *continuous process* yang merupakan jenis proses yang harus dioperasikan secara terus menerus. Pada sistem ini terdapat tingkatan keandalan yang menawarkan desain sistem 1 out of 2 (1oo2) dan 2 out of 3 (2oo3) [3].

Pada 1oo2 dapat dijelaskan bahwa tingkat keandalan lebih tinggi daripada simplex system. Hal ini dikarenakan terdapat sistem cadangan dari sistem aslinya yang dimana apabila satu komponen mengalami gangguan maka sistem redundansi akan mengambil ahli fungsi sistem utama sehingga keadaan operasi pada sistem tidak terhenti, namun pada 1oo2 ini memiliki tingkat ketersediaan komponen yang lebih rendah daripada 2oo3.

Apabila kedua komponen mengalami gangguan maka ketersediaan komponen lainnya tidak ada sedangkan pada 2oo3, memiliki tingkat keandalan dan ketersediaan yang lebih baik daripada kedua sistem yang lainnya. Pada penelitian ini, penulis menggunakan arsitektur sistem 1oo2 yang sudah cukup memberikan

keandalan pada sistem dikarenakan kemungkinan kegagalan fungsi pada kedua komponen *lube oil pressure switch* yang terjadi dalam waktu bersamaan itu sangat kecil. Adapun tingkatan arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Redundant Control System

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2.2.4 Reliability

Reliability atau keandalan merupakan probabilitas dari suatu peralatan atau sistem untuk berhasil menjalankan fungsi dan tugasnya untuk suatu periode waktu tertentu [5].

Analisis *reliability* dapat membantu untuk menentukan peluang suatu komponen atau sistem mengalami kegagalan dalam melakukan fungsinya dalam jangka waktu tertentu. Pada analisis *reliability*, hal pertama yang dilakukan adalah mengumpulkan data *failure* dari peralatan atau system [6]. Nilai *reliability* dinotasikan sebagai $R(t)$ dari sistem jika dipakai selama t (satuan waktu) [7].

$$R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (1)$$

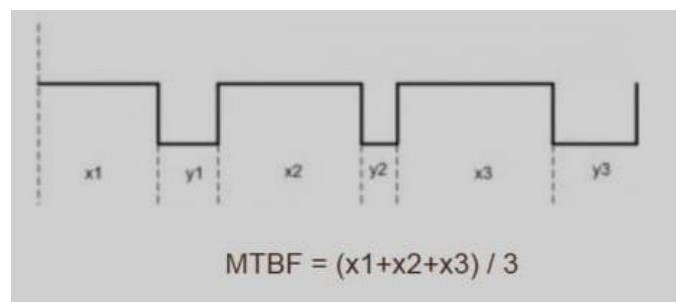
Adapun *reliability* ini akan menentukan tingkatan *safety integreted level* (SIL) berdasarkan standar *International Electrotechnical Commission* (IEC) 61508. Kemudian untuk menghitung *reliability* pada suatu komponen dapat dihitung dengan mengetahui *Time to Failure* (TFT) yang didapatkan pada data *maintenance* atau data vendor. Kemudian setelah mengetahui nilai TFT maka dapat dihitung nilai *Mean Time to Failure* (MTTF) dengan menggunakan persamaan sesuai dengan distribusi yang digunakan. Setelah mendapatkan nilai

TFT dan MTTF maka akan dihitung nilai *failure rate* dengan menggunakan persamaan.

$$\lambda(t) = \frac{1}{\text{MTTF}/\text{MTBF}} \dots\dots\dots(2)$$

Setelah mendapatkan nilai TFT, MTTF dan *failure rate* maka dapat dihitung nilai *reliability* namun MTTF ini hanya digunakan untuk komponen dengan status “Tidak Dapat diperbaiki” sedangkan untuk sistem atau komponen yang dapat diperbaiki maka nilai MTTF dapat digantikan dengan menghitung nilai *Main Time Between Failure* (MTBF) dengan uji empiris secara kumulatif dengan mengetahui total waktu perbaikan dibagi dengan *event failure* atau dapat dihitung dari total MTTF komponen part per part yang menyusun sebuah sistem tersebut kemudian dianalisis dengan metode *Reliability Block Diagram* [8].

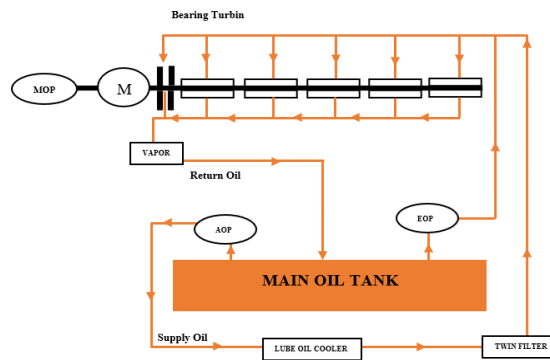
Adapun bentuk diagram skematik pada uji empiris dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Diagram Skematik *Main Time Between Failure*

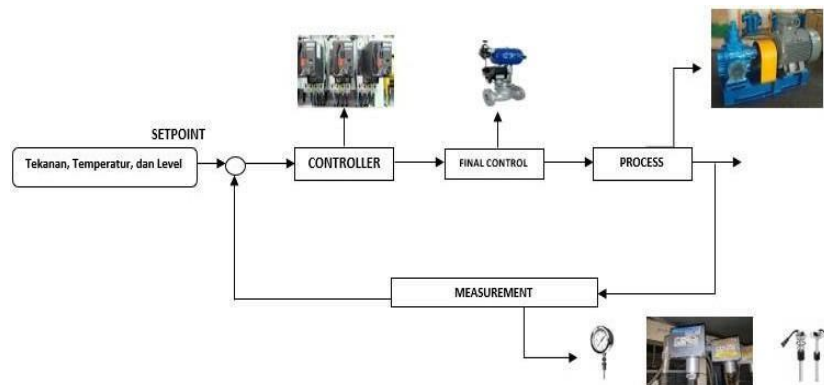
2.3 *Lube oil system*

Lube oil system merupakan suatu sistem yang memiliki peranan untuk mengatur dan mensuplai pelumasan terhadap komponen-komponen yang bergerak dalam turbin serta pada peralatan pendukung lainnya. Pada *lube oil system* di Turbin Gas merupakan suatu sistem pada Turbin Gas yang mendistribusikan minyak pelumas ke *bearing* dan juga mensuplai ke *power oil system* dan *jacking oil system* [9]. Adapun siklus pada *lube oil system* ini dapat dilihat pada Gambar 2.6 dan pada Gambar 2.7 memperlihatkan bentuk blok diagram dari *lube oil system*.



Gambar 2. 6 Siklus pada *Lube Oil System*

Sumber: Manual Book Operasi



Gambar 2. 7 Blok Diagram *Lube Oil System*

Sumber: Manual Book Operasi

Komponen *Lube Oil System*

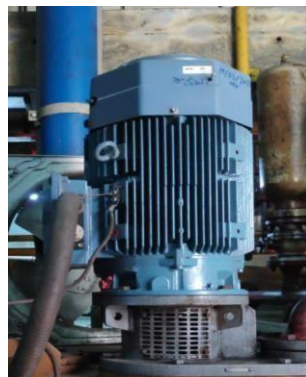
1. *Main Oil Pump* merupakan pompa yang memiliki fungsi untuk mendistribusikan minyak pelumasan ke *bearing* turbin, bentuk fisik dari *main oil pump* dapat dilihat pada Gambar 2.8. Adapun pengoperasian pada *main oil pump* ini terkopling dengan *turning gear* pada kondisi unit standby namun, tekanan pada *main oil pump* ini belum memenuhi *lube oil system bearing* turbin sehingga perlu bantuan *auxiliary oil pump* [9].



Gambar 2. 8 Main Oil Pump pada *Lube Oil System*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2. *Auxiliary oil pump* merupakan pompa yang memiliki fungsi untuk mendistribusikan minyak pelumasan ke *bearing* turbin dalam kondisi unit standby atau kondisi *main oil pump* belum mencapai tekanan pelumasan ke *bearing* turbin, bentuk fisik dari *auxiliary oil pump* dapat dilihat pada Gambar 2.9. Adapun putaran pada *auxiliary oil pump* ini akan otomatis berhenti mendistribusikan minyak pelumasan ketika tekanan pada *main oil pump* telah memenuhi tekanan ke *bearing* turbin [9].



Gambar 2. 9 Auxiliary Oil Pump pada *Lube Oil System*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. *Emergency oil pump* merupakan pompa yang memiliki fungsi untuk mendistribusikan minyak pelumasan dalam kondisi unit mengalami *shutdown*, bentuk fisik dari *emergency oil pump* dapat dilihat pada Gambar 2.10. *Emergency oil pump* digunakan untuk menjaga *bearing* turbin tetap mendapatkan suplai minyak pelumasan sehingga meminimalisir terjadinya keausan pada *bearing* turbin [9].



Gambar 2. 10 Emergency Oil Pump pada *Lube Oil System*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

4. *Twin filter* merupakan peralatan yang memiliki fungsi sebagai filter minyak pelumasan sebelum minyak pelumasan tersebut melumasi *bearing* turbin [9]. Adapun bentuk fisik dari *twin filter* dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Twin Filter pada *Lube Oil System*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

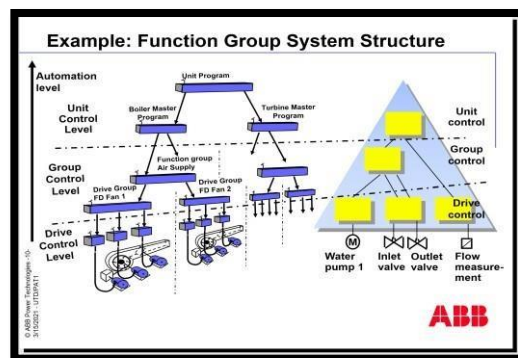
2.4 *Distributed Control System (DCS)*

Distributed Control System (DCS) merupakan sistem kontrol yang mempunyai kesatuan kontrol yang terdistribusi dalam keseluruhan proses industri. Sistem kontrol ini mampu menghimpun atau mengakuisisi data dari lapangan dan memutuskan akan diapakan data tersebut. Tujuan dari *Distributed Control System (DCS)* menerapkan kontrol terdistribusi (*elemen controller* tidak berada pada pusat sistem tetapi tersebar di sistem dengan komponen subsistem di bawah kendali satu atau lebih *controller*. Komponen pada *Distributed Control System*

(DCS) terbagi menjadi 3 yaitu *Human Interface Station (HIS)*, *Field Control Station (FCS)*, dan Sistem Komunikasi [10].

Procontrol 14 merupakan *logic drive* pada pabrikan Asea Brown Boveri (ABB) yang dirancang untuk aplikasi pembangkit listrik yang benar-benar mengintegrasikan pengkondisian sinyal, pemrosesan sinyal dan pemantauan proses perlindungan kontrol biner dan proses pengendalian pengawasan dan evaluasi sistem terdistribusi. Adapun manfaat dari *procontrol 14* ini ialah memiliki DC digital dengan kontrol cerdas dan modul I/O. Pada modul I/O lebih sedikit suku cadang, dapat mengurangi biaya kabel, sangat cocok untuk kinerja simultan teknik dan aktivasi *commissioning*.

Dalam dunia pembangkit listrik, *procontrol* konsisten digunakan untuk semua pembangkit listrik. Desain yang terbukti, banyak sistem yang berhasil beroperasi selama bertahun-tahun dengan konfigurasi sistem yang sangat fleksibel dan tingkat integritas data yang sangat tinggi sehingga apabila terdapat integrasi perubahan atau penambahan yang sederhana pada sistem tidak mengakibatkan sistem tersebut terganggu baik secara offline maupun online. Adapun control struktur *function group system* dapat dilihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2. 12 Contoh *Function Group System Structure*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan gambar 2.12 yang merupakan contoh dari *function group* pada sistem yang terstruktur dapat dijelaskan bahwa terdapat level otomatis yang terbagi menjadi 3 bagian level yaitu *drive control level*, *group control level* dan *unit control level*. Pada bagian *drive control level* biasanya merupakan kontrol dari

sebuah peralatan dan komponen seperti *water pump*, *inlet valve*, *ouput valve*, dan besaran pehitungan aliran pada suatu sensor. *Drive control level* ini nantinya akan menggerakkan alat kendali pada peralatan dan komponen secara terpisah. Pada *group control level* ini merupakan tingkatan kedua dari *drive control* yaitu pada *group control* ini akan menjalankan sistem secara bersamaan dalam kesatuan grup. Misalnya pada blok 1-2 terdapat 21 *function group* yang harus dikendalikan dan dikontrol oleh sebuah sistem secara otomatis pada gambar terdapat contoh *function group air supply*. Kemudian pada *unit control level* merupakan level pada tingkatan ketiga yang paling utama dan mencakup semua sistem mulai dari *drive control* dan *group control*. Pada *unit control level* ini dapat dicontohkan pada gambar ialah unit program pada boiler dan turbine.

Procontrol 14 memiliki modul yang terdiri dari *drive control module*, *analog/binary I/O* dan *remote bus* kemudian memiliki *marshaling cabinet* yang didalamnya terdapat serat optik di bagian modul depan untuk bus jarak jauh kemudian bus stasiun berada di belakang modul. Selain itu terdapat modul koneksi, yang dimana konektor atas untuk bus stasiun dan konektor bawah untuk kabel *multi-core*. Adapun bentuk dari *procontrol 14* ini dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 13 Bagian Procontrol 14 pada Modul

Sumber: Dokumentasi Pribadi

2.5 Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) adalah komputer dengan standar industri yang mampu diprogram untuk melakukan fungsi pengendalian atau kontrol. PLC memiliki banyak manfaat sebagai pengontrol, selain proses pemrograman dan instalasi yang mudah, manfaat lainnya adalah memiliki kecepatan kontrol yang tinggi, kompatibilitas jaringan yang baik, proses pemecahan masalah, keandalan yang tinggi dan kemudahan pada proses pengujian sistem [11]. Adapun bentuk fisik PLC Omron dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2. 14 *Programmable Logic Controller* (PLC)

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Bagian – Bagian PLC

Sebuah sistem PLC umumnya memiliki lima komponen dasar. Komponen – komponen ini adalah *unit processor*, *unit catu daya*, *memori*, *perangkat pemrograman* dan *bagian input/output* [11].

1. *Unit Processor* atau *central processing unit* (CPU) merupakan suatu unit yang memiliki mikroprocessor yang dapat menginterpretasikan sinyal-sinyal input dan melaksanakan tindakan pengontrolan sesuai dengan program yang sudah tersimpan di dalam memori dan kemudian menampilkan keputusan – keputusan yang diambilnya sebagai sinyal kontrol ke antarmuka output.
2. *Unit Catu Daya* merupakan suatu unit yang mengkonversikan tegangan AC sumber menjadi tegangan rendah DC yang dibutuhkan oleh *processor* serta rangkaian – rangkaian di dalam modul input dan output.
3. *Perangkat Pemrograman* merupakan suatu perangkat yang dipergunakan untuk melakukan masukkan program yang dibutuhkan ke dalam memori.

Masukkan program ini dibuat dengan menggunakan perangkat program dan kemudian dipindahkan ke dalam unit memori pada PLC.

4. *Unit Memori* merupakan suatu unit yang dimana program dapat tersimpan di dalam memori untuk melaksanakan tindakan pengontrolan oleh mikroprosessor.
5. *Bagian Input dan Output* merupakan bagian masukan dan keluaran antarmuka yang dimana prosesor menerima informasi dan mengkomunikasikan informasi kontrol ke prangkat eksternal. Dalam prosesnya, sinyal input dan berasal dari modul input berupa saklar-saklar.

2.6 Instruksi – instruksi PLC

Pada PLC terdapat instruksi fungsi yang biasanya digunakan dalam membuat program pada CX-Programmer. Adapun instruksi yang penulis gunakan pada penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Differential Up (DIFU)

Differential Up atau DIFU merupakan fungsi instruksi pada PLC yang berfungsi untuk mengaktifkan output dari kondisi OFF menjadi kondisi ON pada 1 siklus. Cara memprogram instruksi DIFU dengan memberikan kontak NO untuk mengaktifkan instruksi DIFU kemudian output instruksi DIFU akan menjadi inputan pada rung selanjutnya yang akan mengaktifkan output Q1.05. Kemudian dikarenakan pada instruksi DIFU ini mengaktifkan kontak output dalam 1 siklus yang sangat cepat sekali maka diperlukan kontak pengunci sehingga terlihat kontak output Q1.05 aktif. Adapun program instruksi DIFU dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2. 15 Instruksi Fungsi Differential Up (DIFU)

2. Compare (CMP)

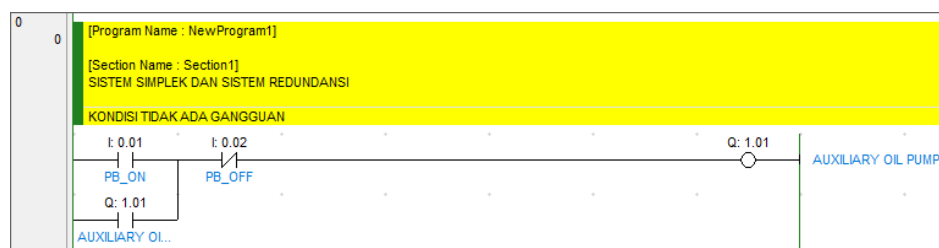
Compare atau CMP merupakan fungsi instruksi pada PLC yang berfungsi untuk membandingkan data konstantan dengan data lainnya. Pada instruksi compare ini terdapat ketentuan perbandingan mulai dari kondisi kurang dari, lebih dari, sama dengan, kurang dari atau sama dengan dan lebih dari atau sama dengan. Ketentuan tersebut dapat disesuaikan dengan data yang ingin dibandingkan pada program. Adapun program pada instruksi compare dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2. 16 Instruksi Fungsi Compare (CMP)

3. Self Holding

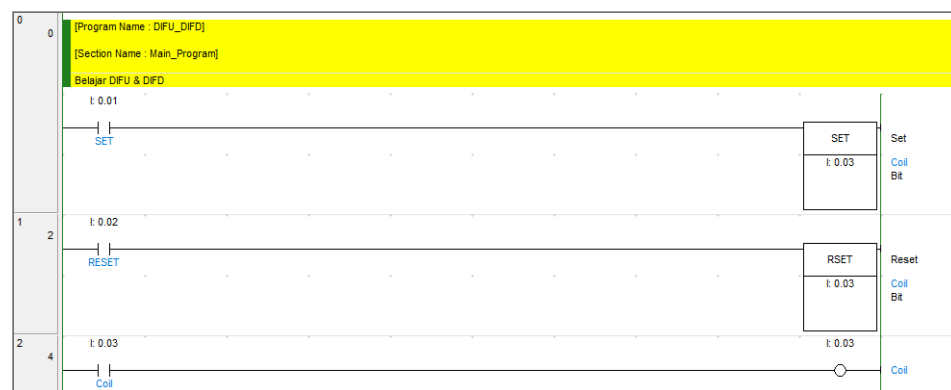
Self Holding merupakan kontak bantu dari sebuah kontaktor dengan fungsi untuk mengunci kontak *coil* untuk tetap aktif ketika kontaktor atau sumber arus utama dinonaktifkan. Dengan menggunakan rangkaian self holding ini proses sistem dapat berjalan secara terus-menerus. Adapun bentuk rangkaian self holding ini dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 17 Rangkaian Self Holding Pada Program

4. RSET

RSET merupakan instruksi untuk mengubah kondisi pada bit yang semula bernilai 1 atau ON menjadi bit 0 atau OFF. Instruksi RSET ini berkaitan dengan instruksi SET. Ketika kontak *coil* di SET bernilai 1 sehingga aktif kemudian kontak sumber atau pushbutton dilepas maka kondisi kontak *coil* pada instruksi SET tetap aktif dan untuk menonaktifkannya digunakan instruksi RSET dengan memberikan nilai bit 1 pada RSET sehingga instruksi RSET akan aktif dan mengubah kondisi kontak *coil* yang semula ON menjadi OFF. Adapun program instruksi RSET dapat dilihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2. 18 Instruksi Fungsi RSET

2.7 PLC OMRON

PLC Omron merupakan PLC yang diperuntukan untuk melakukan simulasi dengan menggunakan software programnya adalah CX-ONE. PLC Omron seri CJ1M memiliki I/O sebanyak 16 yang dimana 10 input dan 6 output. CJ1M-CPU11 ini dapat digunakan untuk memprogram sistem yang sederhana dengan menggunakan komunikasi serial RS-232 atau Ethernet. Adapun bentuk CPU PLC seri CJ1M dapat dilihat pada Gambar 2.19.



Gambar 2. 19 CPU PLC Omron Seri CJ1M

2.7.1 Software CX-ONE









Software CX-ONE merupakan software pada program PLC yang memiliki paket perangkat lunak yang komprehensif mengintegrasikan program PLC software khusus Omron dengan dukungan perangkat lunak untuk membuat program. Fungsi dari program CX One ini untuk membuat rangkaian pengontrol pada PLC. Software ini terdiri dari CX Programmer, CX Simulator, CX Designer, CX Motion (Pro), CX Position, CX Drive, CX Server, CX Integrator, CX Process Tool, CX Thermo, CX Sensor. Namun pada pengguna software ini, sering menggunakan CX Programmer [11].

2.7.2 Software CX-Programmer

CX Programmer merupakan software khusus untuk memprogram PLC buatan Omron. CX Programmer ini merupakan salah satu software bagian dari CX-One. Adapun fungsi dari CX Programmer ini dapat memprogram dengan fitur simulasi tanpa harus terhubung dengan hardware PLC sehingga program yang telah dibuat dengan menggunakan *ladder diagram* dapat dengan mudah disimulasi dengan HMI PLC Omron [11].

Pada CX-Programmer ini terdapat tombol *shortcut* merupakan tombol fitur yang digunakan untuk membuat komponen *ladder diagram* [12]. Adapun tombol *shortcut* ini dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Tabel 2. 2 Tombol *Shortcut* Pada CX-Programmer

Komponen Ladder	Ikon	Shortcut	Keterangan
Kontak Normally Open (NO) seri		C	Kontak NO apabila ditekan maka akan mengalirkan arus sehingga dapat mengaktifkan kontak <i>coil</i> dan apabila dilepas maka akan menonaktifkan kontak <i>coil</i> . Kemudian kontak NO ini untuk gerbang logika AND
Kontak Normally Close (NC) seri		/	Kontak NC apabila ditekan maka akan memutuskan arus sehingga menonaktifkan kontak <i>coil</i> dan apabila dilepas maka akan mengalirkan arus sehingga dapat mengaktifkan kontak <i>coil</i> . Kemudian kontak NC ini untuk gerbang logika AND.
Kontak Normally Open (NO) Paralel		W	Tombol kontak normally open untuk gerbang logika OR. Dengan prinsip kerjanya sama seperti kontak normally open atau normally close seri.
Kontak Normally Close (NC) Paralel		X	Tombol kontak normally close untuk gerbang logika OR. Dengan prinsip kerjanya sama seperti kontak normally open atau normally close seri.
Instruksi PLC		I	Tombol untuk membuat instruksi PLC seperti Timer, SET-RSET, DIFU, DIFD, Counter, Compare dan lainnya.
Kontak Output atau <i>Coil</i>		O	Tombol untuk membuat kontak output atau <i>coil</i> sebagai keluaran dari input program.
Garis Horizontal		Ctrl+ →	Garis penghubung aliran arus dari kiri ke kanan atau secara horizontal
Garis Vertikal		Ctrl + ↓	Garis penghubung aliran arus dari atas ke bawah atau secara vertikal

2.7.3 Software CX-Designer

CX Designer merupakan software khusus untuk mendesain keluaran dari program yang telah dibuat. CX Designer ini juga merupakan salah satu software bagian dari CX-One. Adapun fungsi dari CX Designer ini dapat membuat desain dari bentuk tampilan panel kendali secara virtual dengan menambahkan object ke dalam layar interaksi [12]. Adapun *functional objects* pada CX-Designer dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini.

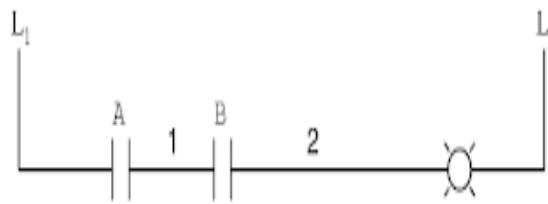
Tabel 2. 3 *Functional Objects* Pada CX-Designer

Functional Objects	Ikon	Keterangan
Pushbutton ON/OFF		Berfungsi untuk membuat tombol ON atau OFF seperti pushbutton, switching, saklar.
Bit Lamp		Berfungsi untuk membuat keluran berupa lampu, pompa, katup, tangki air.
Label		Berfungsi untuk membuat keterangan pada objek yang digunakan.

2.8 Ladder Diagram

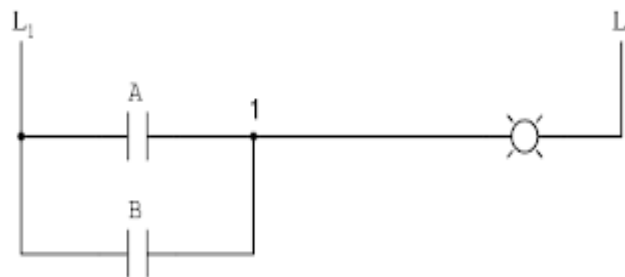
Ladder Diagram atau diagram tangga merupakan skema khusus yang biasa digunakan untuk mendokumentasikan sistem logika kontrol di lingkungan industri. Disebut dengan “Tangga” dikarenakan bentuknya menyerupai tangga dengan dua rel vertikal kanan-kiri (power supply) dan banyak “anak tangga” (garis horizontal) yang mewakili rangkaian kontrol. Adapun contoh dari *ladder diagram* yang biasanya sering digunakan dalam membuat program adalah sebagai berikut.

1. Penerapan logika AND pada *ladder diagram* dapat dijelaskan bahwa pada gerbang logika AND apabila dikonversi ke *ladder diagram* maka bentuknya seperti dua kontak yang disusun secara seri. Adapun bentuk konversi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.20.



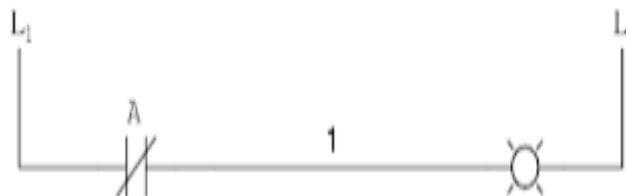
Gambar 2. 20 Penerapan Logika AND pada Ladder Diagram

2. Penerapan logika OR pada *ladder diagram* dapat dijelaskan bahwa pada gerbang logika OR apabila dikonversi ke *ladder diagram* maka bentuknya seperti dua kontak yang disusun secara paralel. Adapun bentuk konversi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 21 Penerapan Logika OR pada Ladder Diagram

3. Penerapan logika NOT pada *ladder diagram* dapat dijelaskan bahwa pada gerbang logika NOT apabila dikonversi ke *ladder diagram* maka bentuk seperti satu kontak dengan kondisi *normally close*. Adapun bentuk konversi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.22.



Gambar 2. 22 Penerapan Logika NOT pada Ladder Diagram

2.9 Logika Dasar Pemrograman

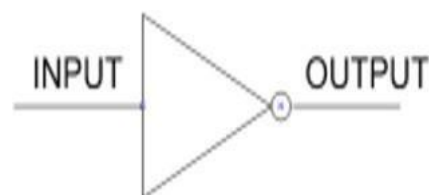
Logika dasar pemrograman pada *ladder diagram* memiliki keunggulan dibanding dengan bahasa pemrograman yang lain yaitu terletak pada kemudahan dalam memasukkan logika. Prinsip logika *True/False*, *High/Low* atau Nyala/Mati terbentuk dari kombinasi rangkaian kontak yang ada pada *ladder diagram*. Adapun logika dasar pemrograman ini terbagi menjadi 3 logika dasar yang biasa digunakan saat melakukan pemrograman dengan *ladder diagram* yaitu sebagai berikut:

1. Logika NOT atau Tidak Sama Dengan

Logika NOT pada kontak dapat diartikan sebagai logika pemutus yang umumnya dengan menggunakan kontak NC (*Normally Close*). Ketika tidak diaktifkan, kontak berperan sebagai penyambungan aliran namun ketika kondisi nya diaktifkan akan berperan sebagai pemutus aliran. Adapun pada Tabel 2.4 memperlihatkan tabel kebenaran gerbang logika NOT dan pada Gambar 2.23 memperlihatkan simbol gerbang dari logika NOT.

Tabel 2. 4 Kebenaran Gerbang Logika NOT

INPUT	OUTPUT
0	1
1	0



Gambar 2. 23 Simbol Gerbang NOT

Sumber: Dokumentasi Pribadi

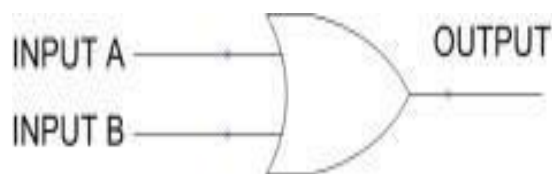
2. Logika OR (Atau)

Logika OR pada kontak dapat diartikan sebagai logika alternatif yang dimana menentukan pilihan untuk dapat menyambungkan sebuah aliran arus dengan melalui salah satu kontak. Dengan demikian, jika mengaktifkan salah satu saja

dari kontak A atau kontak B atau keduanya secara bersamaan akan mendapatkan output yang menyala. Adapun pada Tabel 2.5 memperlihatkan tabel kebenaran gerbang logika OR dan pada Gambar 2.24 memperlihatkan simbol gerbang dari logika OR.

Tabel 2. 5 Kebenaran Gerbang Logika OR

INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Gambar 2. 24 Simbol Gerbang OR

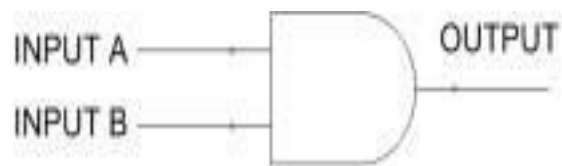
Sumber: Dokumentasi Pribadi

3. Logika AND (Dan)

Logika AND pada kontak dapat diartikan sebagai logika syarat yang dimana dapat mengkombinasikan 2 kontak atau lebih yang hanya bisa menyambungkan aliran apabila kedua kontak tersebut diaktifkan dalam waktu yang bersamaan. Kontak-kontak tersebut tidak dapat menyambungkan apabila hanya salah satu saja yang diaktifkan. Adapun pada Tabel 2.6 memperlihatkan tabel kebenaran gerbang logika AND dan pada Gambar 2.25 memperlihatkan simbol gerbang dari logika AND.

Tabel 2. 6 Kebenaran Gerbang Logika AND

INPUT A	INPUT B	OUTPUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

**Gambar 2. 25 Simbol Gerbang AND**

Sumber: Dokumentasi Pribadi

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun penelitian ini dilaksanakan pada bulan September 2022 sampai dengan Februari 2023 bertempat di PT Indonesia Power Priok POMU pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Unit Blok 1-2 yang beralamat JL. I. RE. Martadinata, Ancol, Kec. Pademangan, Kota Jakarta Utara, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 14310.

3.2 Alat dan Bahan

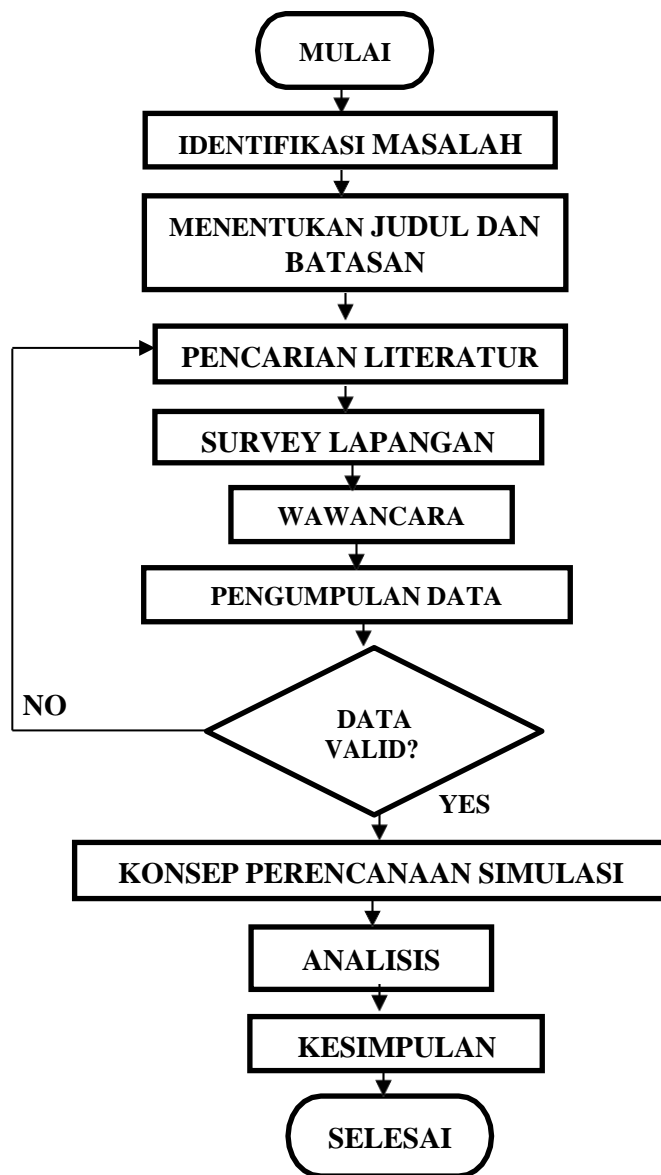
Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Satu unit personal komputer dengan spesifikasi *Intel Core 2 Duo* 1.50 GHz dan operasi windows 10 versi 21H2.
2. Software program CX-One yaitu CX-Programmer versi 9.5 dan CX-Designer versi 3.5.
3. Manual book operasi tentang *lube oil system* sebagai bahan referensi penelitian.
4. Buku panduan CX-Programmer dan CX-Designer pada operasional PLC seri Omron sebagai bahan referensi penelitian.

3.3 Flowchart Penelitian

Adapun pada Gambar 3.6 memperlihatkan Gambar *flowchart* penelitian yang dapat dijelaskan bahwa pada penelitian ini, penulis melakukan identifikasi masalah. Identifikasi masalah ini dilakukan pada permasalahan di Turbin Gas yang dimana terjadi kondisi *trip*. Kemudian dari identifikasi masalah tersebut, penulis menentukan judul penelitian dan batasan penelitian yang ingin diteliti lebih lanjut.

Setelah menentukan judul dan batasan, penulis menggunakan 3 metode untuk mengumpulkan data yang diperlukan yaitu: Studi Literatur, Survei Lapangan, dan Wawancara. Pada pencarian literatur, penulis mencari jurnal mengenai topik yang sesuai dengan penelitian melalui website google cendikiawan selain itu juga penulis mencari literatur melalui *manual book* dan buku referensi lainnya di perpustakaan.



Gambar 3. 26 Flowchart Penelitian

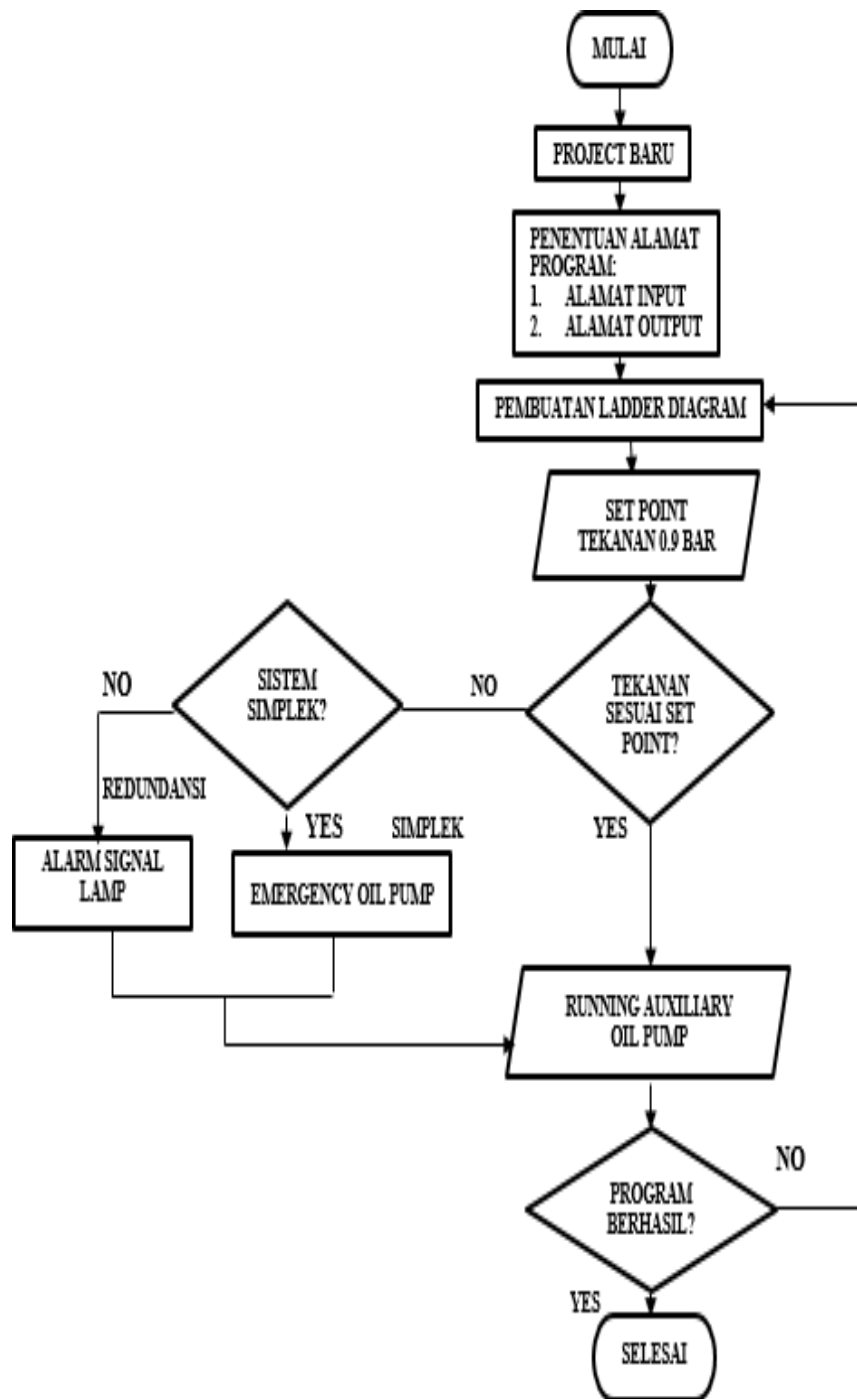
3.4 *Flowchart* Simulasi

Adapun pada *flowchart* simulasi ini terbagi menjadi 2 bagian yang akan dijelaskan sebagai berikut:

3.4.1 *Flowchart* Pembuatan Program

Adapun pada Gambar 3.27 yang merupakan gambar *flowchart* simulasi pembuatan program dapat dijelaskan dengan tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Mulai, merupakan proses awal membuat program. Pada tahap ini, Penulis membuka *software Programmable Logic Controller (PLC) program CX-ONE* yaitu CX-Programmer.
2. Project baru, merupakan tahapan pembuatan project simulasi. Pada tahap ini, Penulis membuat project yang sesuai dengan judul Penulisannya.
3. Penentuan alamat, merupakan proses penentuan alamat input dan output program simulasi yang akan dibuat. Penentuan alamat ini bertujuan untuk mengidentifikasi input dan output pada program yang dirancang.
4. Pembuatan *ladder diagram*, merupakan proses pembuatan program dengan menggunakan bahasa program nya yaitu *ladder diagram*.
5. Setpoint tekanan 0,9 bar, merupakan nilai setting pada *pressure switch* yang disesuaikan dengan nilai setpoint dari pabrikannya.
6. Tekanan sesuai setpoint dengan decision symbol, merupakan pilihan proses atau keputusan yang dipilih berdasarkan kondisi proses. Apabila pada program tekanan sudah sesuai setpoint maka proses akan beralih ke tahap selanjutnya yaitu *running auxiliary oil pump* namun apabila pada program tekanan tidak sesuai dengan setpoint maka akan beralih ke tahapan lain yaitu apakah pada sistem simplek atau sistem redundansi.
Jika tekanan tidak sesuai dengan setpoint pada sistem simplek maka akan mengaktifkan *emergency oil pump* sedangkan jika tekanan tidak sesuai dengan setpoint pada sistem redundansi maka akan mengaktifkan *alarm signal lamp*.
7. *Running auxiliary oil pump*, merupakan proses dimana *auxiliary oil pump* melakukan suplai *lube oil* ke *bearing* turbin secara kontinu.
8. Selesai, merupakan tahap akhir dari proses perancangan simulasi. Pada tahap ini, simulasi telah selesai dijalankan.

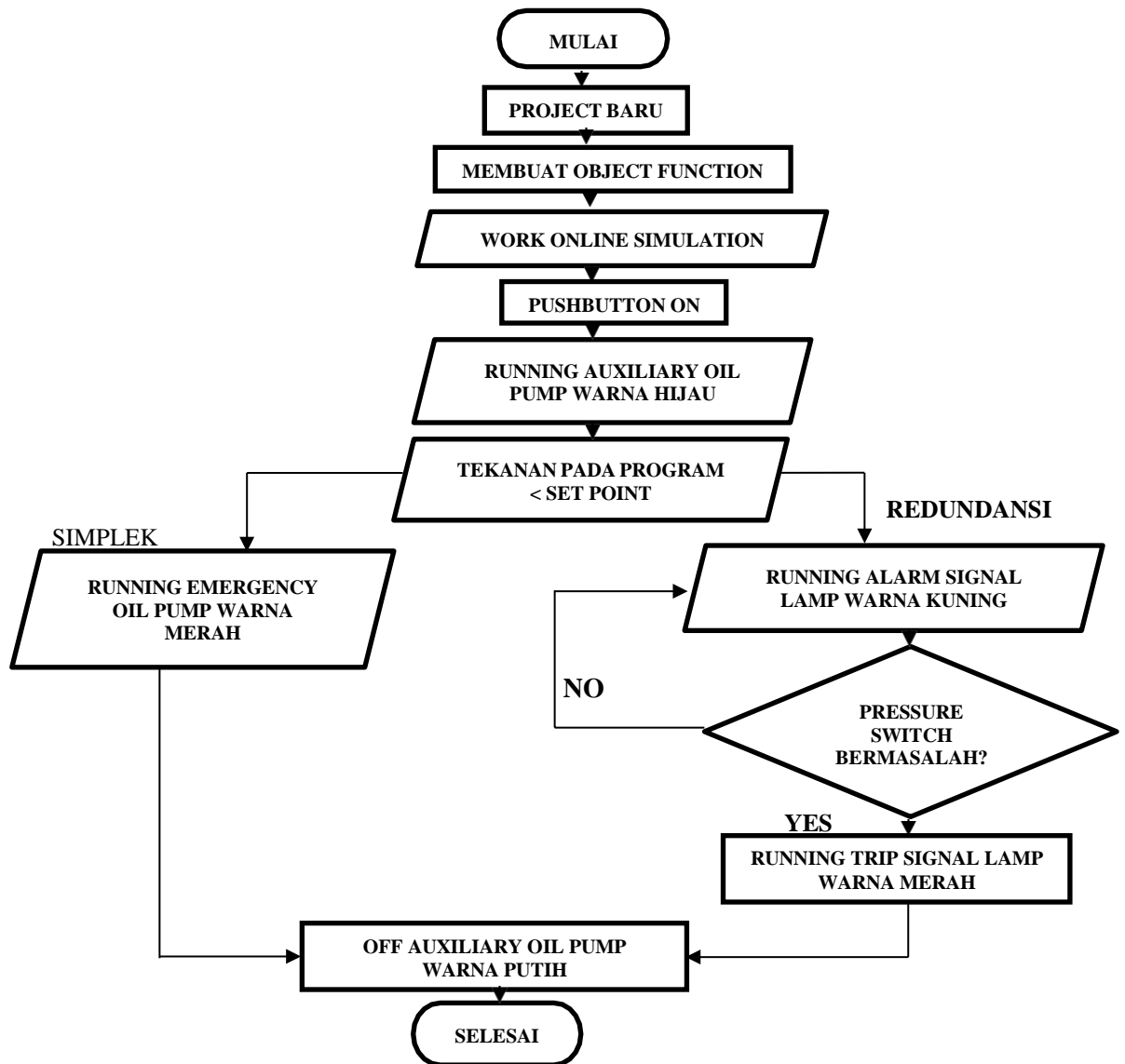


Gambar 3. 27 Flowchart Simulasi Pembuatan Program

3.4.2 *Flowchart* Pembuatan Desain

Adapun pada Gambar 3.28 yang merupakan gambar *flowchart* simulasi pembuatan desain dapat dijelaskan dengan tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Mulai, merupakan proses awal membuat program. Pada tahap ini, Penulis membuka *software Programmable Logic Controller (PLC)* program CX-ONE yaitu CX-Designer.
2. Project baru, merupakan tahapan pembuatan project simulasi. Pada tahap ini, Penulis membuat project desain baru sesuai dengan judul Penulisannya.
3. Pembuatan object function, merupakan tahapan pembuatan layar desain untuk tampilan komponennya. Pada tahap ini, Penulis akan memilih objek pada CX-Designer.
4. Work Online Simulation, merupakan fitur pilihan untuk menghubungkan simulasi desain dengan simulasi program yang telah dirancang. Connect to simulator ini terdapat pada bagian menu box test.
5. Pushbutton, merupakan tombol input yang berfungsi untuk mengaktifkan dan menonaktifkan output pada program.
6. *Running Auxiliary Oil Pump*, merupakan kondisi tidak ada gangguan ketika sistem beroperasi.
7. Tekanan pada program $<$ set point, merupakan kondisi ada gangguan. Pada kedua sistem memiliki karakteristik yang berbeda. Pada sistem simplek akan mengaktifkan *emergency oil pump* sedangkan pada redundansi akan mengaktifkan indikator *alarm signal lamp*. Namun, apabila kondisi pada redundansi bermasalah maka indikator *trip signal lamp* akan aktif.
8. *Off Auxiliary Oil Pump*, merupakan tahapan proses dimana *auxiliary oil pump* mengalami kondisi OFF yang disebabkan oleh komponen *pressure switch* yang mengalami penurunan tekanan di bawah nilai setpoint barik dari komponen utama dan komponen cadangannya.
9. Selesai, merupakan tahap akhir dari proses perancangan simulasi. Pada tahap ini, simulasi telah selesai dijalankan.



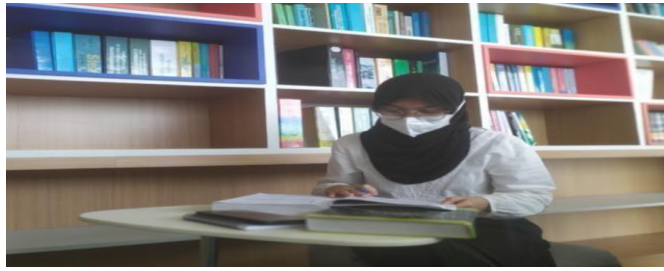
Gambar 3. 28 Flowchart Simulasi Pembuatan Desain

3.5 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Pencarian Literatur

Adapun pada Gambar 3.29 yang merupakan tahapan pencarian literatur yang dilakukan oleh penulis di perpustakaan Mempelajari teori – teori yang diperoleh dari *manual book* atau referensijurnal yang berkaitan dengan penelitian.



Gambar 3. 29 Pencarian Literatur di Area Perpustakaan

2. Survei Lapangan

Adapun pada Gambar 3.30 yang merupakan tahapan survei lapangan yang dilakukan oleh penulis di area *lube oil system* melihat secara langsung *lube oil system* di lokal area Turbin Gas. Pada survei lapangan ini, penulis melihat kondisi komponen serta peralatan yang mengalami gangguan.



Gambar 3. 30 Survei Lapangan di Area *Lube Oil System*

3. Wawancara

Adapun pada Gambar 3.31 merupakan tahapan melakukan wawancara dengan rekan-rekan pegawai dengan tujuan untuk mendiskusikan permasalahan mengenai penyebab terjadinya penurunan tekanan pada komponen *lube oil pressure switch*.



Gambar 3. 31 Wawancara bersama Sps Engineering

3.6 Metode Analisis Data

Adapun pada penelitian ini dalam menganalisis data penelitian, penulis menggunakan metode analisis deskriptif untuk menganalisis data hasil simulasi sedangkan pada data gangguan menggunakan metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA).

Metode analisis deskriptif dipilih oleh penulis, dikarenakan pada metode ini dapat membantu penulis dalam menganalisis parameter data yang diperoleh kemudian data yang sudah dianalisis tersebut dapat disimpulkan dengan hasilnya sesuai pada kondisi data.

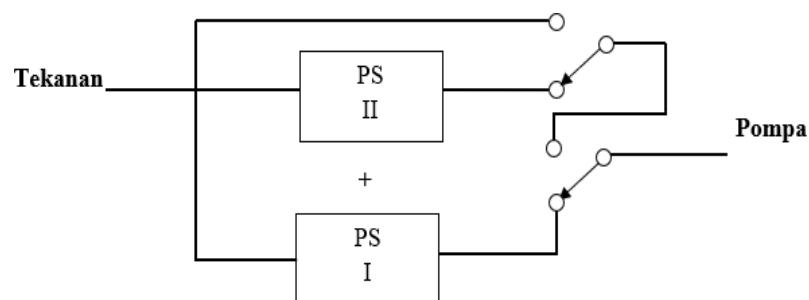
Metode *Root Cause Failure Analysis* (RCFA) dipilih oleh penulis, dikarenakan analisisnya yang terstruktur untuk mendapatkan akar penyebab masalah, sehingga dapat memudahkan dalam mengidentifikasi penyebab terkait dengan masalah tersebut.

3.7 Pembuatan Simulasi Modifikasi *Lube Oil Pressure Switch*

Adapun pada pembuatan simulasi modifikasi *lube oil pressure switch* ini terbagi menjadi 2 bagian yang akan dijelaskan sebagai berikut:

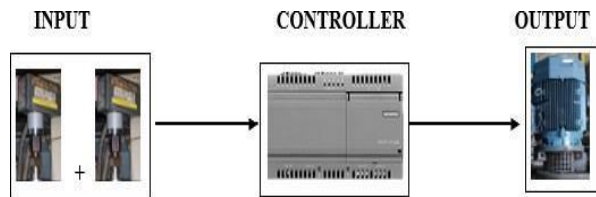
3.7.1 Perencanaan Modifikasi *Lube Oil Pressure Switch*

Dalam perencanaan modifikasi *lube oil pressure switch* akan dijelaskan dalam bentuk konsep cara kerja. Pada Gambar 3.32 memperlihatkan modifikasi *lube oil pressure switch* dan pada Gambar 3.33 memperlihatkan blok input dan output program.



Gambar 3. 32 Konsep Redundansi *Lube Oil Pressure Switch*

Sumber: Dokumentasi Pribadi

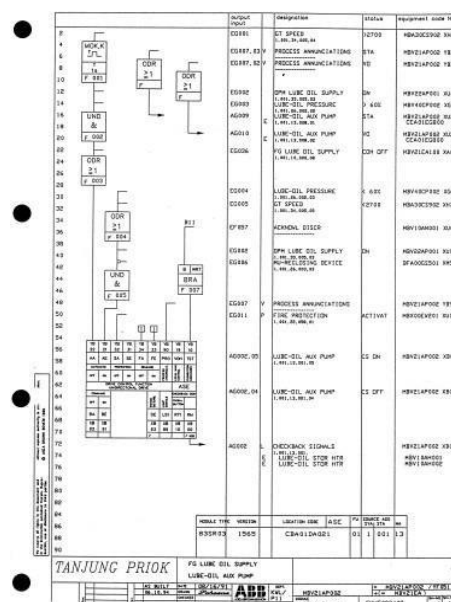


Gambar 3. 33 Blok Input dan Output Program

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.7.2 Tahapan Modifikasi

Dalam proses pembuatan simulasi modifikasi *lube oil pressure switch* terdapat langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan alamat input dan output untuk *ladder logic* berdasarkan *logic drive Procontrol 14* pada *lube oil system*. Adapun pada Gambar 3.34 memperlihatkan bentuk dari *logic drive Procontrol 14*.



Gambar 3. 34 Logic Drive Procontrol 14 pada Lube Oil Supply

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan gambar 3.34 yang merupakan gambar *logic drive Procontrol 14* pada *lube oil supply* dapat dijelaskan bahwa pada gambar tersebut terdapat standar fungsi input dan output yang terstruktur pada satu blok. Pada inputnya terdiri dari Automatic ON/OFF, Release ON/OFF, Protection ON/OFF, Pushbutton commands, VOH (Local Manual Control) dan PRO (Process Annunciations from

the drive) sedangkan pada outputnya terdiri dari Command ON/OFF, Circuit breaker trip disturbance, Lamp Signals, pushbutton commands dan Checkback signal.

Kemudian pada *logic drive Procontrol 14* ini berdasarkan gambar tersebut menggunakan bahasa pemrograman *function block diagram* (FBD) yang dapat disimpulkan bahwa pada saat melakukan pengoperasian FG *lube oil supply*, pompa *auxiliary oil pump* akan otomatis menyala apabila input dari putaran Turbin Gas <2700 rpm atau *lube oil pressure* <60% dan akan otomatis berhenti apabila putaran Turbin Gas atau *lube oil pressure* sudah melebihi batas normalnya.

Setelah mengetahui *logic drive* pada *Procontrol 14* tersebut, penulis menentukan alamat input dan output yang dimodifikasi. Adapun Tabel 3.7 memperlihatkan input dan Tabel 3.8 memperlihatkan output untuk *ladder diagram* modifikasi.

1. Input Simulasi Program

Tabel 3. 7 Alamat Input Program

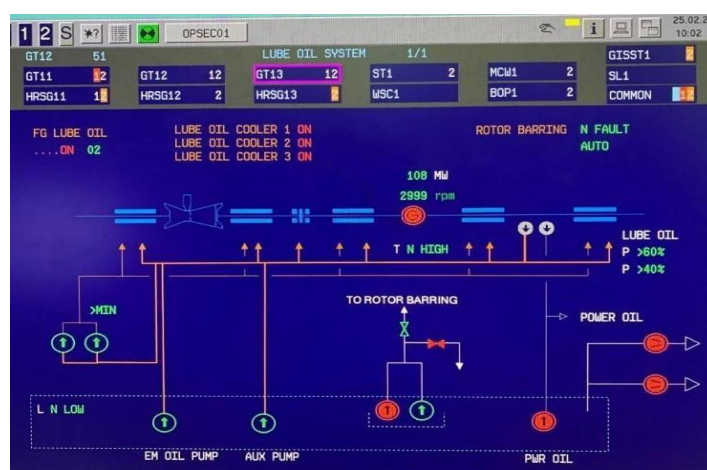
No.	Alamat	Jenis Kontak	Designation
1.	0.01	Normally Open	Pushbutton ON
2.	0.02	Normally Open	Pushbutton OFF
3.	0.03	Normally Open	Start CMP (Compare)
4.	0.04	Normally Open	Start RSET Emergency Oil Pump
5.	0.05	Normally Open	Tombol RSET Signal Trip

2. Output Simulasi Program

Tabel 3. 8 Alamat Output Program

No.	Alamat	Jenis Kontak	Designation
1.	1.01	Normally Open	Auxiliary Oil Pump
2.	1.02	Normally Open	Emergency Oil Pump
3.	1.03	Normally Open	Alarm Signal Lamp
4.	1.05	Normally Open	Active Standby Pressure Switch
5.	1.06	Normally Open	Trip Signal Lamp

Kemudian setelah menentukan input dan output untuk pemrogramannya, langkah kedua yaitu membuat tampilan HMI *lube oil system* modifikasi pada CX-Designer. Adapun tampilan HMI yang akan dibuat nantinya sesuai dengan program dari *lube oil system* yang dimodifikasi yaitu pada *lube oil supply auxiliary oil pump*. Namun sebelum itu, penulis akan menjelaskan tampilan POS (*Panel Operating System*) dari *lube oil system* yang pada Gambar 3.35.



Gambar 3. 35 Tampilan HMI Lube Oil System

Sumber: Dokumentasi Pribadi

Berdasarkan Gambar 3.35 yang merupakan gambar tampilan HMI *lube oil system* yang terdapat di PLTGU Priok dapat dijelaskan bahwa pada tampilan HMI ini terdapat *main oil tank*, *jacking oil pump*, *vapor exhaust fan*, *emergency oil pump*, dan *auxiliary oil pump* yang merupakan komponen utama dari *lube oil system*. Kemudian power oil dan High Pressure (HP) power oil to rotor barring tidak termasuk dalam komponen utama *lube oil system*. Dan pada tampilan HMI ini, tidak digambarkan main oil pump dan twin filter yang merupakan komponen utama juga dari *lube oil system*. Pada gambar tersebut, keadaan FG *lube oil system* sudah on atau beroperasi dengan putaran pada Turbin Gas sudah mencapai 2999 rpm dan *pressure switchnya* sudah melebihi batas normal atau >60% yang artinya bahwa *lube oil* di supply sepenuhnya oleh *main oil pump* dan *auxiliary oil pump* sudah berhenti beroperasi.

3.8 Jadwal Penelitian

Adapun jadwal penelitian yang dilaksanakan di PT PLN Indonesia Power Priok POMU pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU) Unit Blok 1-2 Pada bulan September 2022 sampai dengan bulan Desember 2022 sedangkan untuk pengerjaan laporan Tugas Akhir dimulai pada bulan Desember 2022 sampai dengan Februari 2023 bertempat di Laboratorium Elektronika Universitas Lampung. Adapun untuk percobaan pengambilan data perbandingan dengan parameter tekanan dilakukan menggunakan *software Programmable Logic Controller* yang menghasilkan 2 kondisi unit yaitu kondisi *trip signal* dan *alarm signal*.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada kasus *trip* pada tanggal 27 September 2022, penurunan tekanan pada *lube oil pressure switch* disebabkan oleh kerusakan *module card* yang mengakibatkan *false signal* sehingga secara sistem tekanan pada *lube oil pressure switch* menurun di bawah batas normal 0,9 bar.
2. Simulasi modifikasi dengan melakukan penambahan komponen *lube oil pressure switch* menggunakan *software programmable logic controller* telah berhasil dibuat. Adapun hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa sistem redundansi dapat mencegah kondisi *trip* unit dengan mengaktifkan indikator *alarm signal lamp* serta meningkatkan *reliability* sebesar 25,03%.

5.2 Saran

Adapun saran yang ingin disampaikan oleh penulis untuk pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan untuk jenis komponen atau sistem yang berbeda dengan tingkat kegagalan fungsi komponen atau sistem yang lebih besar.
2. Untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa dikembangkan model simulasi *hardware* untuk memudahkan pengambilan data percobaan secara realtime.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Firmansyah, Fikri Logi. (2017). Analisa Perbandingan Performa Turbin Gas PLTGU Unit 1.2 dan 1.3 Pada Beban 50 MW dan 100 MW.
- [2] Iqbal, Ario Muhammad, dkk. (2015). Perancangan *Safety Instrumented System (SIS)* Pada Pipeline ONSHORE-OFFSHORE Menggunakan DCS Yokogawa Centum 3000 Di PT. Aryn NGL.
- [3] Sikumbang, S. (2012). Desain Engineering Safety Instrumented System (SIS) Pada Furnance 5 (F05) Kilang PUSDIKLAT MIGAS. *Jurnal Explore*, 15-16.
- [4] Grunh, P. (2006). Safety System Risk Analysis Needs to Be More Quantitative,. *Journal Explore*.
- [5] Ebeling, C. E. (2012). *An Introduction to Reliability Engineering*. *Journal Explore*.
- [6] Eduardo, C. (2012). Gas and Oil Reliability Engineering. *Journal Explore*.
- [7] Vinaya, A. A. (2018). Analisa Perfomansi Safety Instrument System (SIS) Pada HRSG PLTGU Di PT. PJB UP Gresik. *Jurnal Invotek Polbeng, VOL. 8, NO 1*.
- [8] Widariono, A. I. (2016). Analysis Reliability And Safety Integrity Level In Synthesis Gas Compressor 103-J AT Pabrik I PT Petrokimia Gresik. *Final Project- TF 141581*.
- [9] PT.PLN Pembangkitan Tenaga Listrik. (2008). *Pengoperasian Gas Turbine PLTGU Priok*. Jakarta.
- [10] Suandi, D. (2015). Implementasi Safety Instrumented System Pada Mini Plant Flow Menggunakan Programmable Logic Controller. *Thesis*.
- [11] Ma'arif, E. S. (2021). *Panduan Operasional PLC Seri Omron* (2nd ed.). Jakarta: LP2M Politeknik Manufaktur Astra.

- [12] Hariyani, N. (2021). *Modul CX-Programmer dan CX-Designer*.
- [13] M. Sabri and Sarah, N. S. (2020). Perancangan Sistem Pengaturan Pada Sistem Pelumasan dan Trip Oil Turbin Gas PT.PLN (Persero) Sektor Pembangkitan Belawan. *Jurnal Dinamis, VIII*.
- [14] Rosady, S. D. (2015). Re-Design Lube Oil Cooler Pada Turbin Gas dengan Analisa Termodinamika dan Perpindahan Panas. *Jurnal Teknik POMITS, III*.
- [15] Haryono dan Luh Ade. (2015). Analisis Reliabilitas dan Avabilitas pada Mesin Produksi dengan Sistem Seri Menggunakan Pendekatan Analisis Markov. *Jurnal Sains Dan Seni ITS, IV*. No 1